

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-130039

(P2002-130039A)

(43) 公開日 平成14年5月9日(2002.5.9)

(51) Int.Cl.⁷

F 0 2 D 45/00

41/18

識別記号

3 6 4

3 6 6

F I

F 0 2 D 45/00

41/18

テームト* (参考)

3 6 4 D 3 G 0 8 4

3 6 6 Z 3 G 3 0 1

E

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号

特願2000-326108(P2000-326108)

(22) 出願日

平成12年10月25日(2000.10.25)

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(71) 出願人 000004260

株式会社デンソー

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地

(72) 発明者 小林 大介

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(74) 代理人 100088155

弁理士 長谷川 芳樹 (外1名)

最終頁に続く

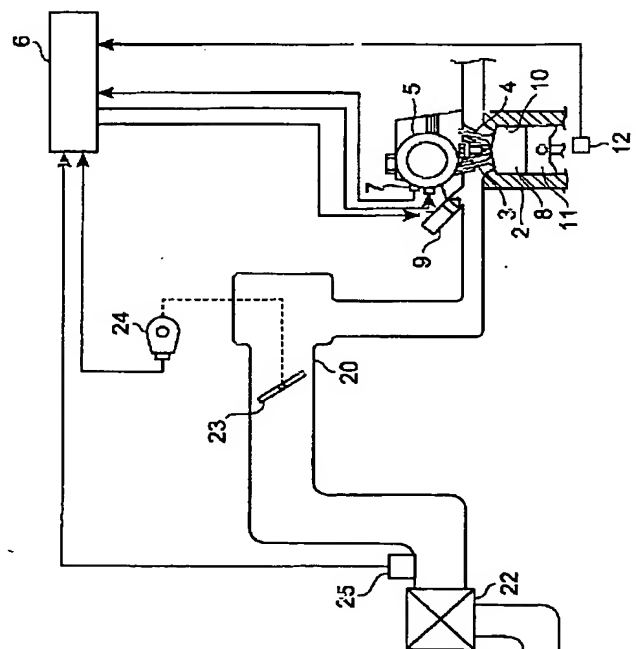
(54) 【発明の名称】 流量算出装置

(57) 【要約】

【課題】 通気経路を流れる流体の流量を正確に算出できる流量算出装置を提供すること。

【解決手段】 吸気管20の途中に設けられるスロットルバルブ23を通過する空気流量を算出する流量算出装置であって、スロットルバルブ23を通過する流体の流量を m_t 、スロットルバルブ23の開口面積を A_d 、スロットルバルブ23の上流側の上流圧力を P_u 、スロットルバルブ23の上流側の上流密度を ρ_u 、スロットルバルブ23の下流側の下流圧力を P_d 、流通する空気の比熱比を k としたときに、次の式により空気流量 m_t を算出する。

$$m_t = A_d \cdot (P_u \cdot \rho_u)^{1/2} \cdot \left(\left(\frac{k-1}{2 \cdot k} \right) \cdot \left(1 - P_d/P_u \right) + P_d/P_u \right) \cdot \left(1 - P_d/P_u \right)^{1/2}$$



【特許請求の範囲】

【請求項1】 通気経路の途中に設けられる可変絞りを通過する流体の流量を算出する流量算出装置において、

前記可変絞りを通過する前記流体の流量を m_t 、前記可変絞りの開口面積を A_d 、前記通気経路における前記可変絞りの上流側の上流圧力を P_u 、前記通気経路における前記可変絞りの上流側の上流密度を ρ_u 、前記通気経路における前記可変絞りの下流側の下流圧力を P_d 、前記流体の比熱比を k としたときに、以下の式により前記流体の流量 m_t を算出する演算手段を備えたこと、を特徴とする流量算出装置。

$$m_t = A_d \cdot (P_u \cdot \rho_u)^{1/2} \cdot \left(\left(\frac{k-1}{2 \cdot k} \right) \cdot (1 - P_d/P_u) + P_d/P_u \right) \cdot (1 - P_d/P_u)^{1/2}.$$

【請求項2】 前記演算手段は、以下の式を用いて前記流体の流量 m_t を算出することを特徴とする請求項1に記載の流量算出装置。

$$m_t = A_d \cdot (P_u \cdot \rho_u)^{1/2} \cdot \Phi(P_d/P_u).$$

なお、関数 $\Phi(P_d/P_u)$ は、

$$(P_d/P_u) \leq (1/(1+k)) \text{ のとき } (k/(2 \cdot (k+1)))^{1/2}、$$

$$(P_d/P_u) > (1/(1+k)) \text{ のとき } \left(\left(\frac{k-1}{2 \cdot k} \right) \cdot (1 - P_d/P_u) + P_d/P_u \right) \cdot (1 - P_d/P_u)^{1/2}.$$

【請求項3】 前記可変絞りは、内燃機関の吸気経路に設けられるスロットルバルブであることを特徴とする請求項1又は2に記載の流量算出装置。

【請求項4】 前記可変絞りは、デューティ制御弁であり、前記開口面積がデューティ比に基づき設定されることを特徴とする請求項1又は2に記載の流量算出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、通気経路の途中に設けられる可変絞りを通過する流体の流量を算出する流量算出装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、通気経路を流れる流体の流量を算出する流量算出する技術手法として、特開平6-74076号公報に記載されるように、スロットル弁を備えた吸気管を通じて内燃機関の気筒に吸入される空気量を算出する吸入空気量算出方法であって、スロットル弁をオリフィスとみなし、スロットル開度に応じそこを通過する空気量を流体力学の式を用いて求めるものが知られている。

【0003】この流量算出方法は、流量算出に際し実圧力を用いて流量の推定精度を向上させると共に、その推定誤差があっても次回の推定算出に影響しないように算出を行うとするものである。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、この流量算出方法では、断熱変化の関係式を用いており、流通する流体において等エントロピー条件が成立することを前提として流量を算出していることから、等エントロピー条件が成立しない状況の下では正確な流量が算出できないという問題点がある。特に、内燃機関の吸気管を流れる空気量を算出する場合、必ずしも等エントロピー条件が成立しないため、正確な流量の算出が困難である。

【0005】そこで本発明は、このような問題点を解決するためになされたものであって、通気経路を流れる流体の流量を正確に算出できる流量算出装置を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】すなわち、本発明に係る流量算出装置は、通気経路の途中に設けられる可変絞りを通過する流体の流量を算出する流量算出装置において、可変絞りを通過する流体の流量を m_t 、可変絞りの開口面積を A_d 、通気経路における可変絞りの上流側の上流圧力を P_u 、通気経路における可変絞りの上流側の上流密度を ρ_u 、通気経路における可変絞りの下流側の下流圧力を P_d 、流体の比熱比を k としたときに、以下の式により流体の流量 m_t を算出する演算手段を備えたことを特徴とする。 $m_t = A_d \cdot (P_u \cdot \rho_u)^{1/2} \cdot \left(\left(\frac{k-1}{2 \cdot k} \right) \cdot (1 - P_d/P_u) + P_d/P_u \right) \cdot (1 - P_d/P_u)^{1/2}.$

【0007】また本発明に係る流量算出装置は、前述の演算手段が以下の式を用いて流体の流量 m_t を算出することを特徴とする。 $m_t = A_d \cdot (P_u \cdot \rho_u)^{1/2} \cdot \Phi(P_d/P_u)$ 。なお、関数 $\Phi(P_d/P_u)$ は、 $(P_d/P_u) \leq (1/(1+k))$ のとき $(k/(2 \cdot (k+1)))^{1/2}$ であり、 $(P_d/P_u) > (1/(1+k))$ のとき $\left(\left(\frac{k-1}{2 \cdot k} \right) \cdot (1 - P_d/P_u) + P_d/P_u \right) \cdot (1 - P_d/P_u)^{1/2}$ である。

【0008】また本発明に係る流量算出装置は、前述の可変絞りが内燃機関の吸気経路に設けられるスロットルバルブであることを特徴とする。

【0009】また本発明に係る流量算出装置は、前述の可変絞りがデューティ制御弁であり、開口面積がデューティ比に基づき設定されることを特徴とする。

【0010】これらの発明によれば、断熱変化の関係式に基づかず流体の流量を算出するため、等エントロピー条件が成立しない条件の下で流体の流量の算出が正確に算出できる。

【0011】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。なお、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を

省略する。

(第一実施形態)

【0012】図1に本実施形態に係る流量算出装置の説明図を示す。

【0013】本図に示すように、本実施形態に係る流量算出装置は、エンジン2の吸気管20のスロットルバルブ23を通過する空気量の算出に適用したものである。エンジン2は、可変動弁機構を備えたものであり、例えば、吸気弁3及び排気弁4の開閉タイミングを変化させる可変バルブタイミング機構5を備えている。

【0014】可変バルブタイミング機構5は、ECU6と電気的に接続されており、ECU6から出力される制御信号に基づいて作動し、カムポジションセンサなどの検出センサ7を介してECU6にバルブタイミングに関する検出信号を出力する。

【0015】エンジン2には、クランクポジションセンサ12が設けられている。クランクポジションセンサ12は、エンジン回転数を検出するセンサであり、ECU6と接続され、ECU6に対し検出信号を出力する。

【0016】エンジン2には、燃焼室8に燃料を噴射するインジェクタ9が設けられている。インジェクタ9は、燃料を燃焼室8へ供給する燃料噴射手段であり、エンジン2が備えるシリンダ10ごとに設置されている。燃焼室8は、シリンダ10内に配設されたピストン11の上方に形成されている。燃焼室8の上部には、吸気弁3及び排気弁4が配設されている。

【0017】吸気弁3の上流側には、インテークマニホールドなどからなる吸気管20が接続されている。吸気管20の上流側には、エアクリーナ22が設置されている。また、吸気管20の途中には、スロットルバルブ23が設けられている。

【0018】スロットルバルブ23は、吸気経路の途中に設けられる可変絞部であり、ECU6の制御信号に

$$m_t = A_d \cdot (P_u \cdot \rho_u)^{1/2} \cdot \Phi(P_d/P_u) \cdots (1)$$

【0027】ここで、関数 $\Phi(P_d/P_u)$ は、 $(P_d/P_u) \leq (1/(1+k))$ のとき $(k/(2 \cdot (k+1)))^{1/2}$ であり、 $(P_d/P_u) > (1/(1+k))$ のとき $((k-1)/(2 \cdot k)) \cdot (1 - P_d/P_u) + P_d/P_u \cdot (1 - P_d/P_u)^{1/2}$ である。

【0028】また、 A_d は吸気管20のスロットルバルブ23の位置における開口面積、 P_u は吸気管20のスロットルバルブ23の上流側の上流圧力、 ρ_u は吸気管20のスロットルバルブ23の上流側の上流密度、 P_d

$$m_{tA} = A_d \cdot (P_u \cdot \rho_u)^{1/2} \cdot \Phi(P_{dA}/P_u) \cdots (2)$$

【0032】ここで、式(1)が定常状態以外の過渡状態でも成立するとし、式(1)及び式(2)において同一スロットル開度で $A_d \cdot (P_u \cdot \rho_u)^{1/2}$ が上下の差圧に依存しないものとして取り扱い、式(1)及び式

$$m_t = m_{tA} \cdot \Phi(P_d/P_u) / \Phi(P_{dA}/P_u) \cdots (3)$$

に基づいて作動しスロットル開度を変化させ、それに伴い吸気経路の開口面積を変化させる。スロットルバルブ23のスロットル開度は、スロットルポジションセンサ24により検出され、ECU6に入力される。

【0019】エアクリーナ22の下流位置には、エアフローメータ25が設けられている。エアフローメータ25は、吸入空気量を検出する吸入空気量検出手段である。エアフローメータ25の検出信号は、ECU6に入力される。

【0020】ECU6は、流量算出装置の装置全体の制御を行うものであり、CPU、ROM、RAMを含むコンピュータを主体として構成されている。ROMには、流量算出ルーチンを含む各種制御ルーチンが記憶されている。

【0021】次に、本実施形態に係る流量算出装置の動作について説明する。

【0022】図2は、流量算出装置の動作を示すフローチャートである。

【0023】本図のステップS10(以下、単に「S10」と示す。他のステップについても同様とする。)にて、スロットル開度TA、エンジン回転数NE、バルブタイミングVTの読み込みが行われる。

【0024】スロットル開度TAの読み込みは、スロットルポジションセンサ24の出力信号に基づいて行われる。エンジン回転数NEの読み込みは、クランクポジションセンサ12の出力信号に基づいて行われる。バルブタイミングVTの読み込みは、検出センサ7の出力信号に基づいて行われる。

【0025】そして、S12に移行し、吸気管20のスロットルバルブ23を通過する空気流量 m_t の演算が行われる。この空気流量 m_t の演算は、次の式(1)に基づいて行われる。

$$【0026】$$

$$m_t = A_d \cdot (P_u \cdot \rho_u)^{1/2} \cdot \Phi(P_d/P_u) \cdots (1)$$

は吸気管20のスロットルバルブ23の下流側の下流圧力、 k は吸入される空気の比熱比である。

【0029】具体的な空気流量 m_t の演算は、例えば、以下の通りに行われる。

【0030】エンジン2が定常状態であるときには空気流量及び吸気管圧力が一意に決まるので、このときの定常流量を m_{tA} 、定常圧力を P_{dA} とすると、上述の式(1)に基づいて、次の式(2)が成立する。

【0031】

(2)により $A_d \cdot (P_u \cdot \rho_u)^{1/2}$ を消去すると、次の式(3)が得られる。

【0033】

【0034】そして、定常状態時の m_{tTA} 及び $\Phi(P_{dTA}/P_u)$ はスロットル開度 T_A 、エンジン回転数 N_E 、バルブタイミング VT により決定できるので、 $m_{tTA}/\Phi(P_{dTA}/P_u)$ をスロットル開度 T_A 、エンジン回転数 N_E 、バルブタイミング VT のテーブルとして設定し、 $\Phi(P_d/P_u)$ を P_d のテーブルとして設定する。

【0035】これにより、スロットル開度 T_A 、エンジン回転数 N_E 、バルブタイミング VT に従い、式(3)を用いて、スロットルバルブ23を通過する空気流量 m_t を算出することができる。

【0036】なお、前述の空気流量 m_t の算出において、定常状態時の m_{tTA} 及び P_{dTA} をそれぞれスロットル開度 T_A 、エンジン回転数 N_E 、バルブタイミング VT のテーブルとして設定し、 $\Phi(P_d/P_u)$ を P_d のテーブルとして設定し P_d 、 P_{dTA} で参照することにより、過渡状態の空気流量 m_t の算出を行ってもよい。

【0037】また、定常状態の場合、スロットル開度 T_A とエンジン2への吸入空気量は等しいので、 P_{dTA} をスロットル開度 T_A 、エンジン回転数 N_E 、バルブタイミング VT のテーブルとして設定し、充填効率によって m_{tTA} を算出し、 $\Phi(P_d/P_u)$ を P_d のテーブルとして設定し P_d 、 P_{dTA} で参照することにより、過渡状態の空気流量 m_t を算出してもよい。

$$m_t = A_d \cdot (P_u \cdot \rho_u)^{1/2} \cdot \Phi_1(P_d/P_u) \quad \dots (4)$$

【0044】ここで、関数 $\Phi_1(P_d/P_u)$ は、 $(P_d/P_u) \leq (2/(k+1))^{k/(k-1)}$ のときに $(2/(k+1))^{1/(k-1)} \cdot (2 \cdot k/(k+1))^{1/2}$ であり、 $(P_d/P_u) > (2/(k+1))^{k/(k-1)}$ のときに $((2 \cdot k/(k-1)) \cdot ((P_d/P_u)^{2/k} - (P_d/P_u)^{(k+1)/k}))^{1/2}$ である。

【0045】この比較例の算出の式(4)は、質量保存

$$v_u^2/2 + (k/(k-1)) \cdot (P_u/\rho_u) = v_d^2/2 + (k/(k-1)) \cdot (P_d/\rho_d) \quad \dots (6)$$

【0048】 $P_u/\rho_u^k = P_d/\rho_d^k \quad \dots (7)$

【0049】なお、 ρ_d は、吸気管20のスロットルバルブ23の下流側の下流密度、 v_u は、スロットルバルブ23の上流側の空気流速、 v_d は、スロットルバルブ23の下流側の空気流速である。

【0050】一方、本実施形態に係る流量算出装置は、

$$\rho_d \cdot v_d^2 \cdot A_d - \rho_u \cdot v_u^2 \cdot A_u = P_u \cdot A_u - P_d \cdot A_d + p \cdot (A_d - A_u) \quad \dots (8)$$

【0052】なお、 p はスロットルバルブ23の上流の全体平均圧力である。

【0053】図6に示すように、スロットルバルブ23の上流側の開口面積 A_u 、密度 ρ_u 、圧力 P_u 、流速 v_u とし、スロットルバルブ23の開口面積 A_d 、密度 ρ_d 、圧力 P_d 、流速 v_d としたときに、上流側の開口面積 A_u を無限大として考えると、式(5)の質量保存則から、 $v_u = 0$ となる。

【0038】また、上流圧力 P_d は、吸気管20に圧力センサを設けて実測値を用いてもよいし、エアフローメータ25などの検出値から推定により決定してもよい。更に、 $\Phi(P_d/P_u)$ のテーブルは、引数を P_d にしても、 P_d/P_u にしてもよい。

【0039】次に、本実施形態に係る流量算出装置における算出結果について説明する。

【0040】図3に本実施形態に係る流量算出装置におけるスロットル通過空気量の算出結果、比較例となる流量算出装置におけるスロットル通過空気量の算出結果及び高応答流量計の実測結果を示す。図4は図3の算出におけるスロットル開度の時間変化、図5は吸気管圧力(吸気圧)の時間変化を表したものである。

【0041】図3に示すように、本実施形態に係る流量算出装置における算出結果は、高応答流量計の実測値によく追従しており、正確に流量が算出されていることが分かる。一方、比較例となる流量算出装置における算出結果は、通過空気量が立ち上がった部分で高応答流量計の実測値に追従しておらず、流量が正確には算出されていないことが分かる。

【0042】ここで、比較例となる流量算出装置は、スロットル通過空気量 m_t を次の式(4)に基づき、算出するものを用いた。

【0043】

則(式(5))、エネルギー保存則(式(6))及び等エントロピー条件成立を前提とする断熱変化の関係式(式(7))により、導かれた式である。

【0046】

$$A_u \cdot \rho_u \cdot v_u = A_d \cdot \rho_d \cdot v_d \quad \dots (5)$$

【0047】

スロットル通過空気量 m_t を上述の式(1)に基づき算出している。式(1)は、上述の質量保存則(式(5))、エネルギー保存則(式(6))及び次の運動量保存則(式(8))により、導かれる式である。

【0051】

【0054】また、式(8)の運動量保存則から、 $v_u = 0$ も考慮すると、 $p = P_u$ となる。従って、運動量保存則は、 $\rho_d \cdot v_d^2 = P_u - P_d$ となる。

【0055】ゆえに、スロットル通過空気量 m_t として、式(1) ($(P_d/P_u) > (1/(1+k))$ の場合)が導かれる。図7は、本実施形態に係る流量算出装置における式(1)の $\Phi(P_d/P_u)$ をグラフ化したものである($k=1.4$ の場合)。

【0056】以上のように、本実施形態に係る流量算出装置によれば、等エントロピー条件成立を前提とせず、質量保存則（式（5））、エネルギー保存則（式（6））及び運動量保存則（式（8））により導かれる式（1）を用いて、吸気管20のスロットルバルブ23を通過する空気流量を算出している。このため、必ずしも等エントロピー条件が成立しないスロットルバルブ23通過空気流量を正確に算出することができる。

（第二実施形態）

【0057】次に第二実施形態に係る流量算出装置について説明する。

【0058】第一実施形態に係る流量算出装置ではエンジン2の吸気管20のスロットルバルブ23を通過する空気量の算出に適用した場合について説明したが、本実施形態に係る流量算出装置は、通気経路の途中に設けられる可変絞りを通過する流体の流量を算出する流量算出装置であって、可変絞りがデューティ制御弁である場合に適用したものである。

【0059】例えば、本実施形態に係る流量算出装置は、EGR弁やパージ制御弁などの制御弁がオン、オフを繰り返してデューティ制御され流体の流量が調整される場合において、上述した式（1）を用いて流通する流量を算出するものに適用される。

【0060】この場合、デューティ制御の制御周波数が流量の計算周波数よりも小さいときには、式（1）の開口面積 A_d として実際の開口面積を代入して流量の算出が行われる。

【0061】一方、図8に示すように、デューティ制御の制御周波数が流量の計算周波数よりも大きいときには、式（1）の開口面積 A_d は、デューティ制御のデューティ比に基づいて設定される。すなわち、開口面

積 A_d として、計算時間間隔 Δt における平均開口面積が用いられて流量の算出が行われる。

【0062】このような本実施形態に係る流量算出装置にあっても、第一実施形態に係る流量算出装置と同様に流量の算出が可能であり、可変絞り部を通過する流体の流量を正確に算出することができる。

【0063】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、断熱変化の関係式に基づかずに流体の流量を算出するため、等エントロピー条件が成立しない条件の下で流体の流量の算出が正確に算出できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第一実施形態に係る流量算出装置の説明図である。

【図2】図1の流量算出装置の動作を示すフローチャートである。

【図3】図1の流量算出装置の算出結果を示した図である。

【図4】図3におけるスロットル開度の変化を示した図である。

【図5】図3における吸気圧の変化を示した図である。

【図6】図1の流量算出装置における算出式の説明図である。

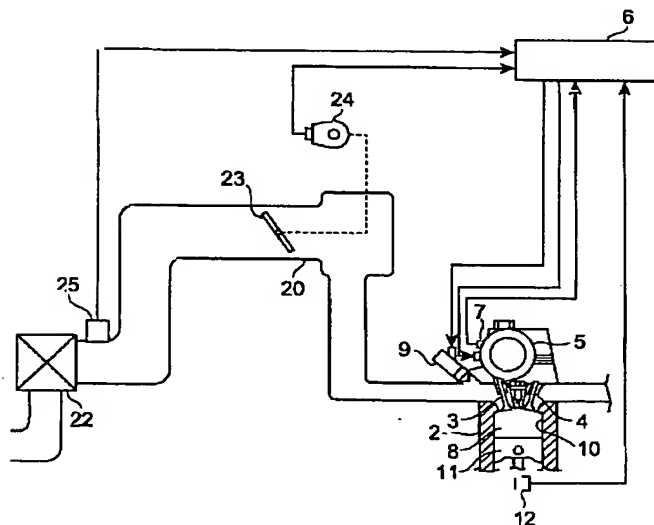
【図7】図1の流量算出装置における算出式をグラフ化した図である。

【図8】第二実施形態に係る流量算出装置の説明図である。

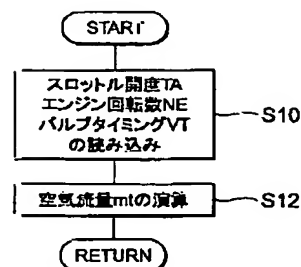
【符号の説明】

2…エンジン、3…吸気弁、4…排気弁、6…ECU（演算手段）、20…吸気管、23…スロットルバルブ。

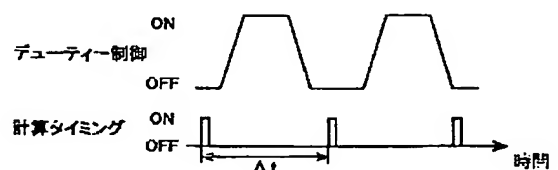
【図1】



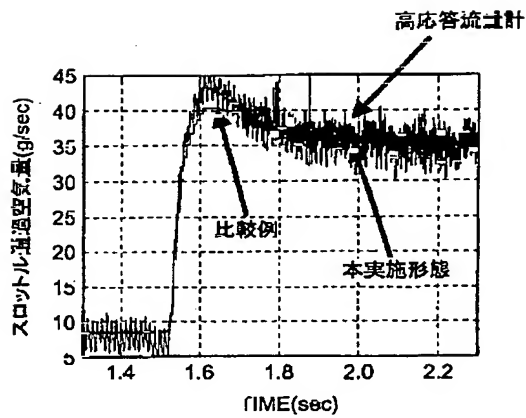
【図2】



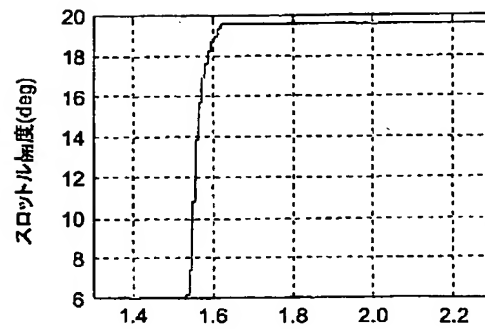
【図8】



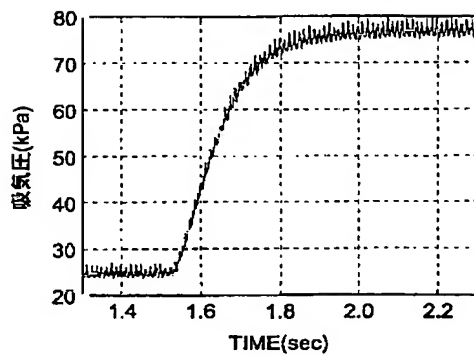
【図3】



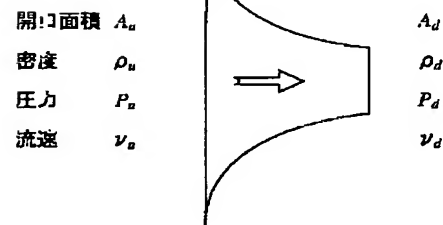
【図4】



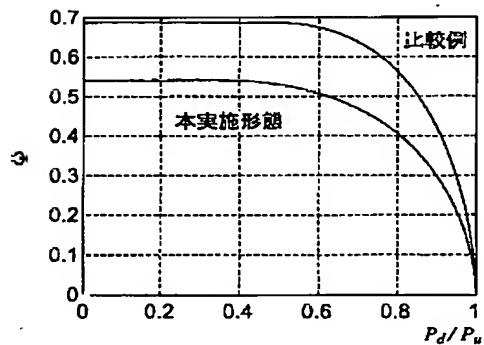
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 大島 明
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72)発明者 武藤 晴文
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

!(7) 002-130039 (P2002-130039A)

(72)発明者 堂田 久代
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
社デンソー内

Fターム(参考) 3G084 AA00 BA04 BA20 BA27 DA00
EC04 FA07 FA10 FA11 FA38
3G301 HA13 HA14 HA19 JA00 LA00
LA01 NA09 ND41 PA01Z
PA07Z PA11Z PE03Z